

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-122586

(43)Date of publication of application : 17.05.1996

(51)Int.Cl.

G02B 6/42  
H04B 10/14  
H04B 10/135  
H04B 10/13  
H04B 10/12

(21)Application number : 06-255030

(71)Applicant : FUJITSU LTD

(22)Date of filing : 20.10.1994

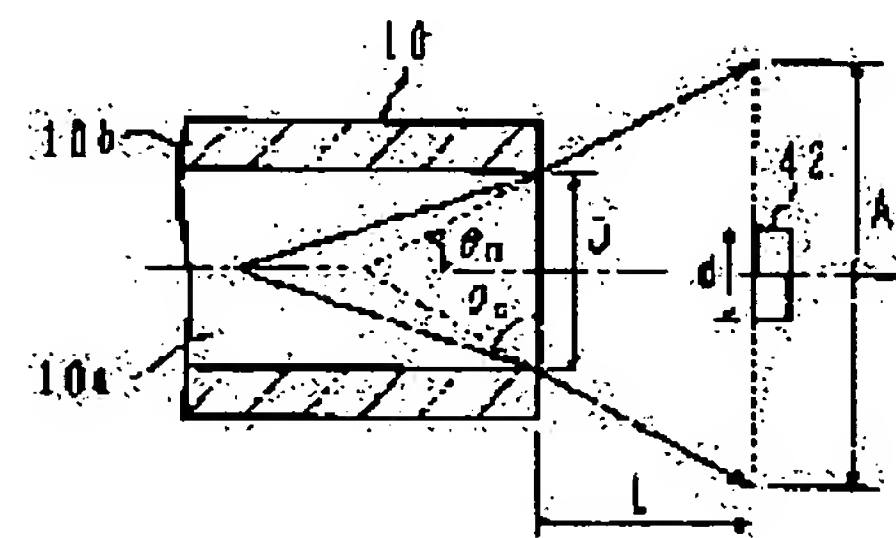
(72)Inventor : TANAKA AKIRA

(54) PHOTOELECTRIC TRANSDUCER, OPTICAL CONNECTOR USING THIS TRANSDUCER, AND METHOD FOR USING THIS TRANSDUCER

(57)Abstract:

PURPOSE: To practically improve the transmission band of a multi-mode optical fiber.

CONSTITUTION: Only the lower-order mode component out of light emitted from one end face of a multi-mode optical fiber 10 is received by a chip 42 of the photoelectric transducer. The optical connector is provided with a plug, to which one end part of the multi-mode optical fiber 10 is fixed, and a receptacle to which the photoelectric transducer is fixed and which can be freely attached to and detached from the plug, and the optical axis at one end part of the optical fiber 10 and the optical axis of the photoelectric transducer approximately coincide with each other in a state where the plug and the receptacle are coupled, and the photoelectric transducer is so arranged that only the lower-order mode component out of light emitted from one end face of the optical fiber 10 is received by the effective light reception face of the photoelectric transducer. An SI type plastic optical fiber 10 which has a large diameter and is easy to handle and is inexpensive can be wired for about 100m in a home for the purpose of receiving the A service like B-ISDN.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 14.01.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 26.07.2002

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-122586

(43)公開日 平成8年(1996)5月17日

(51)Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	FI	技術表示箇所
G 0 2 B	6/42			
H 0 4 B	10/14			
	10/135			
	10/13			

H 0 4 B 9/00

Q

審査請求 未請求 請求項の数4 OL (全7頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平6-255030

(22)出願日 平成6年(1994)10月20日

(71)出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

(72)発明者 田中 章

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

富士通株式会社内

(74)代理人 弁理士 松本 眞吉

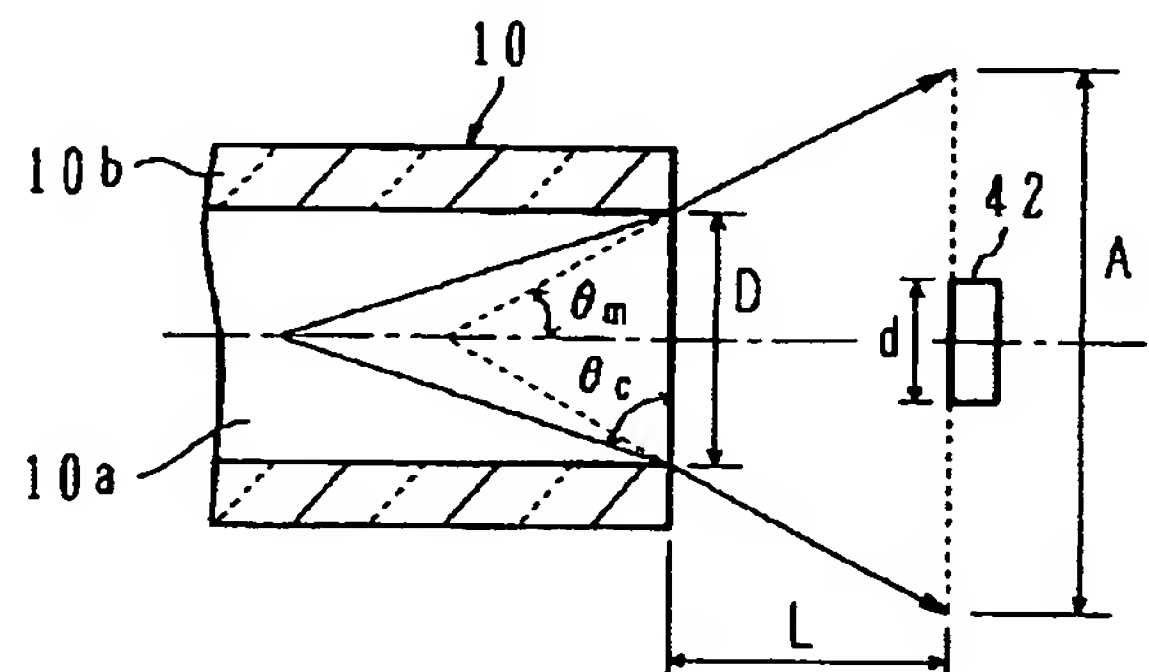
(54)【発明の名称】 光電変換素子及びこれを用いた光コネクタ並びに光電変換素子使用方法

(57)【要約】

【目的】マルチモード型光ファイバの伝送帯域を実質的に向上させる。

【構成】マルチモード型光ファイバ10の一端面から出射される光のうち低次モード成分のみ光電変換素子のチップ42で受光する。光コネクタは、マルチモード型光ファイバの一端部が固定されるプラグと、光電変換素子が固定され、プラグと着脱自在なレセプタクルとを有し、プラグとレセプタクルとが連結された状態で、光ファイバの一端部光軸と光電変換素子の光軸とが略一致し、且つ、光ファイバの一端面から出射される光のうち低次モード成分のみ光電変換素子の有効受光面で受光するように光電変換素子が配置されている。B-ISDNなどのサービスを受けるために、大口径で取扱いが容易であり且つ安価なSI型プラスチック光ファイバを100m程度家庭内配線することが可能になる。

本発明の原理説明図



10: 光ファイバ  
10a: コア  
10b: クラッド  
42: チップ  
 $\theta_m$ : 最大受光角  
 $\theta_c$ : 臨界角

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 マルチモード型光ファイバの一端面から出射される光のうち低次モード成分のみ受光する受光面を有することを特徴とするマルチモード型光ファイバ用光電変換素子。

【請求項2】 マルチモード型光ファイバの一端部が固定される第1コネクタと、光電変換素子が固定され、該第1コネクタと着脱自在であり、該第1コネクタと連結された状態で、該光ファイバの一端部光軸と該光電変換素子の光軸とが略一致し、且つ、該光ファイバの一端面から出射される光のうち低次モード成分のみ該光電変換素子の有効受光面で受光するように該光電変換素子が配置された第2コネクタと、を有することを特徴とする光コネクタ。

【請求項3】 マルチモード型光ファイバから出射される光のうち低次モード成分のみ受光するように、該光ファイバの一端面に対向して光電変換素子を配置することを特徴とする光電変換素子使用方法。

【請求項4】 前記マルチモード型光ファイバは、プラスチック光ファイバであることを特徴とする請求項1乃至3のいずれか1つに記載の光電変換素子、光コネクタ又は光電変換素子使用方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、特にプラスチック型光ファイバに対し用いて好適な、光電変換素子及びこれを用いた光コネクタ並びに光電変換素子使用方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 21世紀の情報社会の基板となるB-ISDN (Broadband Integrated Services Digital Network) は、(1) 加入者宅まで光ファイバを敷設する方式 (FTH: Fiber To The Home) や、(2) 加入者宅近くまで光ファイバを敷設し、そこに分岐装置を配設して加入者宅まで低コストかつ取扱いが容易な金属ケーブルを敷設する方式 (FTC: Fiber To The Curb) が提案されるとともに、その実用化試験が進められている。このB-ISDNの伝送基本速度は、世界統一標準規格として、156Mbit/s及び622Mbit/s (動画用) と定められている。

【0003】 光ファイバは、その材料から、(A) コア径5~100 $\mu$ m程度の高価な石英光ファイバと、コア径50~150 $\mu$ m程度で石英光ファイバより安価な多成分系光ファイバと、可撓性がよいことためコア径を1mm程度にできて取扱いが容易であり且つ非常に安価なプラスチック光ファイバとに分類され、屈折率分布から、

(B) 単純なステップインデックス (SI) 型光ファイバと、伝送帯域がステップインデックス型光ファイバより広いグレーティッドインデックス (GI) 型光ファイバとに分類され、伝播する光モードから、(C) コア径

5~10 $\mu$ m程度の石英光ファイバであるシングルモード型光ファイバと、コア径50 $\mu$ m以上のマルチモード型光ファイバとに分類される。

【0004】 シングルモード型光ファイバは、モード分散がないため伝送帯域が極めて広く好ましいが、コア径が極小であるので結合損失低減のため、光コネクタ結合部においてサブミクロンの接続精度が要求されるので、取扱いが容易でなく且つ光コネクタが高価になる。これに対し、プラスチック光ファイバは、それ自体安価であり、大口径で取扱いが容易であり、光コネクタが安価になるので、上記FTH方式での光ファイバ家庭内敷設に好ましい。

【0005】 しかし、プラスチック光ファイバは大口径であるため、マルチモード型であり、モード分散により伝送帯域が狭く、また、伝送損失が200dB/Km程度と石英光ファイバのそれより非常に大きい。現在市販されているプラスチック光ファイバはSI型のみであるため、その伝送帯域は4.5MHz $\cdot$ Km程度と特に狭い。このため、B-ISDNで156Mbit/sの基本信号を伝送すると、4.5MHz $\cdot$ Km=156MHz $\times$ 29mであることから、伝送長が29m程度になり家庭内全体を配線することができない。光ファイバのコアとクラッドの屈折率差を小さくしてモード数を低減することにより、伝送帯域を広げることが可能であるが、曲げられた部分での漏光により伝送損失が大きくなるので、伝送長が逆に短くなる。

【0006】 そこで、上記FTTC方式が有望となる。しかし、将来的には上記伝送速度622Mbit/sで家庭内に動画などを伝送することが予定されているので、FTTC方式からFTH方式に切り換えるよりも最初からFTH方式にした方が配線面で有利であり、また、光ファイバは電磁ノイズの影響を受けないので、安価で取扱いが容易なプラスチック光ファイバの使用が期待されている。

【0007】 最近、慶応大学の小池研究室で、GI型プラスチック型光ファイバが開発され、これに基づいて日本石油化学株式会社で試作されている。このGI型プラスチック型光ファイバは、ゲル界面法によるメタクリル酸メチルとベンジル酸メチルとの共重合法により製造され、コアが大口径であるのでマルチモード型でもあり、コア径0.75mmで波長650nmの赤色光を使用した場合に、伝送損失150dB/Km、伝送帯域200MHz $\cdot$ Km以上の特性を有し、B-ISDNにおけるFTH方式が現実味を帯びてきた。

## 【0008】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、マルチモード型かつSI型のプラスチック型光ファイバは、使用実績があり、より高速伝送可能になればより経済的にFTH方式を実現できる。また、マルチモード型かつGI型のプラスチック型光ファイバについても、より高速伝送



可能になればそれに応じてより高速伝送のサービスを実現できる。

【0009】本発明の目的は、このような問題点に鑑み、マルチモード型光ファイバの伝送帯域を実質的に向上させることができる光電変換素子及びこれを用いた光コネクタ並びに光電変換素子使用方法を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段及びその作用】第1発明のマルチモード型光ファイバ用光電変換素子では、マルチモード型光ファイバの一端面から出射される光のうち低次モード成分のみ受光する受光面を有する。第2発明の光コネクタでは、マルチモード型光ファイバの一端部が固定される第1コネクタと、光電変換素子が固定され、該第1コネクタと着脱自在であり、該第1コネクタと連結された状態で、該光ファイバの一端部光軸と該光電変換素子の光軸とが略一致し、且つ、該光ファイバの一端面から出射される光のうち低次モード成分のみ該光電変換素子の有効受光面で受光するように該光電変換素子が配置された第2コネクタと、を有する。

【0011】第3発明の光電変換素子使用方法では、マルチモード型光ファイバから出射される光のうち低次モード成分のみ受光するように、該光ファイバの一端面に対向して光電変換素子を配置する。本発明の光電変換素子及びこれを用いた光コネクタ並びに光電変換素子使用方法によれば、マルチモード型光ファイバの一端面から出射される光のうち低次モード成分のみ光電変換素子で受光するので、モード分散が低減され、マルチモード型光ファイバの伝送帯域を実質的に向上させることができる。

【0012】本発明の第1態様では、上記マルチモード型光ファイバは、プラスチック光ファイバである。この第1態様では特に、B-ISDNなどのサービスを受けるために、大口径で取扱いが容易であり且つ安価なプラスチック光ファイバを家庭内配線することが可能になる。

【0013】

【実施例】以下、図面に基づいて本発明の実施例を説明する。図4は、本発明の光コネクタを用いた場合の伝送性能試験用測定装置を示す。光ファイバ10の一端には、NRZ信号発生器12からの電気信号をE/O変換器14で光信号に変換したものが入射され、光ファイバ10の他端から出射した光は、O/E変換器16で電気信号に戻され、増幅・比較器18で増幅・波形整形され、オシロスコープ20に供給される。オシロスコープ20の同期信号入力端には、NRZ信号発生器12からのクロックφが供給される。NRZ信号はこのクロックφに同期して生成される。オシロスコープ20に表示されたクロックφ及びアイパターンは、プロッタ22に出力可能となっている。O/E変換器16は、図3に示

す光コネクタ30と、光電変換素子40の出力を増幅する不図示のプリアンプとを有する。

【0014】光コネクタ30は、合成樹脂製のプラグ31とレセプタクル32とがその軸方向へ力を加えることにより着脱自在となっている。図3の連結状態では、レセプタクル32の爪部32aがプラグ31の凹部31aと係合している。レセプタクル32内に光電変換素子40が嵌合され、レセプタクル32の後部がキャップ33で覆われている。

10 【0015】光ファイバ10は、軸心部のコア10aと、その外側の、コア10aより屈折率の大きいクラッド10bと、さらに外側のポリエチレンなどの保護用被覆10cとからなる。一方、光電変換素子40は、その室内に固定された基台41上にチップ42が、その中心を光電変換素子40の軸心に一致させ且つ受光面を軸心と直角にして、接合されている。チップ42の室内には不活性ガスが入れられ、前面がガラス板43で覆われて気密状態になっている。

20 【0016】光ファイバ10の先端部の被覆10cを除去し、光ファイバ10の先端面が光電変換素子40のガラス板43に衝突するまで、光ファイバ10の一端部をプラグ31の軸心部の孔に挿入し、次いで圧着リング34に圧力を加えて光ファイバ10をプラグ31に固定させる。このような簡単な取付作業で、光電変換素子40と光ファイバ10との光軸が一致し且つチップ42の受光面と光ファイバ10の先端面との間隔が所望の値になる。

30 【0017】レセプタクル32の後部側面にはベースプレート35が固着され、光電変換素子40のリード44及び45が基板35に半田付けされ、それぞれ基板35に植設されたピン44A及び45Aに導通されている。これらピン44A及び45Aと、基板35に植設された固定ピン36とが、不図示の基板の孔に嵌入され半田付けされて、固定される。

【0018】図3の光コネクタは、安価に製造可能である。図1に示す如く、コア10aの直径をDとし、チップ42の有効受光面の直径をdとし、光ファイバ10の先端面とチップ42の受光面との間の光路長をLとする。光ファイバ10から出射される光の最大受光角θmは、コア10aのクラッド10bに対する臨界角θcと、コア10aの空気に対する屈折率とにより定まる。最大受光角θmに対応した、光ファイバ10の先端面から距離Lの位置での光断面直径をAとする。

【0019】伝送帯域Fは、光ファイバ10から出射する光のモード数が少ないほど大きく、このモード数は、チップ42に入射する光量と光ファイバ10から出射する光量との比に略比例する。したがって、伝送帯域Fは、 $d=A$ のとき $F=F_0$ であるとする、次式で近似的に表される。

50  $F = F_0 / (d/A)^2 = F_0 \{ (D \cdot \cot \theta_m + 2L \cdot$

$\tan \theta_m) / d \}^2$

(1) 試験では、 $L = 0.3 \text{ mm}$ とした。試験に使用したものは次のとおりである。光ファイバ10：S I型プラスチック型光ファイバ\*

コア直径D	0.98 mm
コア材料	PMMA
クラッド材料	Fluorinated Acrylate
開口数	0.5
最大受光角 $\theta_m$	$30^\circ$
伝送損失	200 dB/Km (波長650nmの光に対して)
従来の伝送帯域	4.5 MHz · Km

NRZ信号発生器12：ビット・エラー・レイター、アンリツ電気製、型式ME522A

E/O変換器14：アンリツ電気製、型式MZ100A  
東芝製レーザダイオード(LD)、型式TOLD9421(S)を使用

このLDは、発光波長650nm(G I型プラスチック光ファイバの損失窓650nmに一致)、立ち上がり時間0.35 ns、立ち下がり時間0.71 ns、遮断周波数490 MHz

O/E変換器16：安藤電気製、型式AQ5501

但し、光コネクタは、図3に類似し原理的に同一のもので置換した。光電変換素子40は、有効受光面の直径が0.2 mmのチップ42を備えたSiアバランシェ型ホトダイオードを用いた。上記間隔Lは0.3 mmとした。

【0021】増幅・比較器18：富士通製、型式MB17A16

オシロスコープ20：YHP製、型式54100D

まずE/O変換器14の特性を評価するため、光ファイバ10として伝送損失が無視できる長さ1 mのG I型石英光ファイバを用い、伝送速度700 Mbit/s、マーク率50%のNRZ信号を送ったときのアイパターンを測定した。この結果をクロック波形と共に図5に示す。アイパターンは、クロックφの立ち上がり立ち下がり同期して入力信号の時間軸を掃引することで得られる。このアイパターンの目の開きから、E/O変換器14は700 Mbit/sの高速伝送が可能であることが分かる。

【0022】次に、50 mの上記S I型プラスチック光ファイバ10を用い、マーク率50%のNRZ信号を送った場合のアイパターンを測定した。図6(A)は、伝送速度200 Mbit/sの場合であり、図6(B)は伝送速度312 Mbit/sの場合である。伝送速度312 Mbit/sを選んだ理由は、B-I SDNの基本伝送速度156 Mbit/sを100 mの光ファイバ10で送る場合、50 mで伝送速度312 Mbit/sの信号を送ればよいからである。

【0023】これらのアイパターンの目の開きから、伝送速度312 Mbit/sで伝送可能であることが確認できた。従来のように光ファイバ10からの出射光を1

\*イバであり、次の仕様の三菱レーヨン製、型式EH4001を用いた。

【0020】

00%、凸レンズを介しチップ42に入射させた場合には、50 mのS I型プラスチック型光ファイバで、4.5 MHz · Km = 90 MHz × 50 mであることから、90 Mbit/sであるが、本発明を用いれば、伝送速度が実質的に3倍以上になり、B-I SDNにおけるFTTH方式が実現可能となる。

【0024】上記試験において、チップ42に入射されるモードは低次モードであり、その最大次数及びシングルモードのみであるかどうかは確認しなかったが、この点は、次に述べる、上式(1)の関係についての試験結果から、問題にはならないことが明かとなる。50 mの上記S I型プラスチック型光ファイバを用い、 $L = 0.3 \text{ mm}$ とし、 $d = 0.2 \text{ mm}$ と $d = 0.6 \text{ mm}$ と $d = 1.5 \text{ mm}$ のチップ42を用いて伝送帯域を測定したところ、それぞれ180 MHz · Kmと20 MHz · Kmと4.5 MHz · Kmであった。この結果を $d/D$ と伝送帯域Fとの関係として、上式(1)の計算曲線と共に図2に示す。

【0025】この結果から、実測値が計算値にほぼ一致することが分かる。また、例えばB-I SDNにおいて30 mのS I型プラスチック型光ファイバで伝送速度156 Mbit/sの信号を送るための伝送帯域を50 MHz · Km以上とするには、口径比 $d/D$ を0.5以下にすればよいことが分かる。チップ42の受光面有効直径dを小さくすると受光量が低減してSN比が低下するので、dには下限があるが、この値は、チップ42の種類及びこれに接続される回路の特性に依存する。また、間隔Lの上限は、光ファイバとチップ42との光軸位置合わせ精度により定まる。

【0026】なお、本発明には外にも種々の変形例が含まれる。例えば、光コネクタは、光ファイバと光電変換素子とを同時に複数対結合させるマルチコネクション型であってもよい。また、本発明は、その原理から、プラスチック以外の材料の光ファイバ及びG I型光ファイバに対しても適用可能である。本発明では光ファイバ10とチップ42との間には基本的にレンズは不要であるが、光ファイバからの出射光の低次モードのみ受光するのであれば、凹レンズ又は凸レンズを配置した構成であってもよい。さらに、光電変換素子40は、電流増幅率の点で優れたアバランシェ型ホトダイオードに限定され

ず、高速応答可能なpinホトダイオードなどの他の光電変換素子であってもよいことは勿論である。

#### 【0027】

【発明の効果】以上説明した如く、本発明に係る光電変換素子及びこれを用いた光コネクタ並びに光電変換素子使用方法によれば、マルチモード型光ファイバの一端から出射される光のうち低次モード成分のみ光電変換素子で受光するので、モード分散が低減され、簡単な構成でマルチモード型光ファイバの伝送帯域を実質的に向上させることができるという実用上優れた効果を奏する。

【0028】本発明の第1態様によれば、B-ISDNなどのサービスを受けるために、大口径で取扱いが容易であり且つ安価なプラスチック光ファイバを家庭内配線することが可能になるという効果を奏し、光ファイバ網普及に寄与するところが大い。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の原理説明図である。

【図2】(有効受光径 $d$ ) / (コア径 $D$ )と伝送帯域との関係を示す図である。

【図3】本発明の一実施例の光コネクタの構成を示す断面図である。

【図4】本発明の光コネクタを用いた場合の伝送性能試験用測定装置を示すブロック図である。

験用測定装置を示すブロック図である。

【図5】図4中のO/E変換器の特性評価のために、伝送損失が無視できる長さ1mのGI型石英光ファイバを用いたときのアイパターンをクロック波形と共に示す図である。

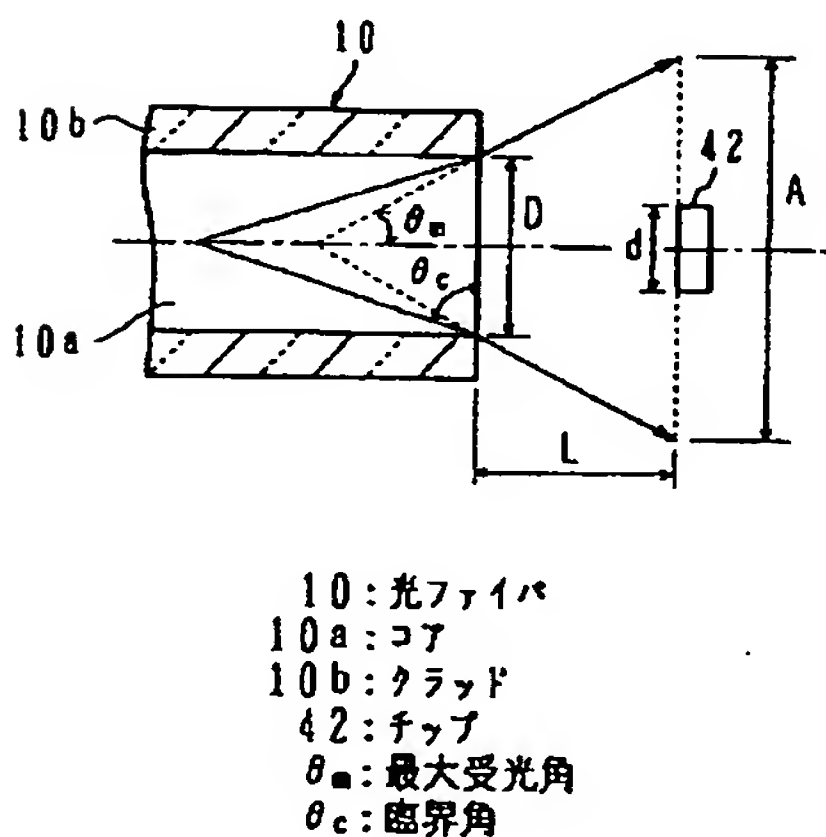
【図6】50mのSI型プラスチック型光ファイバを用いてNRZ信号を伝送したときのアイパターンをクロック波形と共に示す図である。

#### 【符号の説明】

- |     |          |
|-----|----------|
| 10  | 光ファイバ    |
| 10a | コア       |
| 10b | クラッド     |
| 10c | 被覆       |
| 12  | NRZ信号発生器 |
| 16  | O/E変換器   |
| 30  | 光コネクタ    |
| 31  | プラグ      |
| 32  | レセプタクル   |
| 40  | 光電変換素子   |
| 42  | チップ      |
| 43  | ガラス板     |

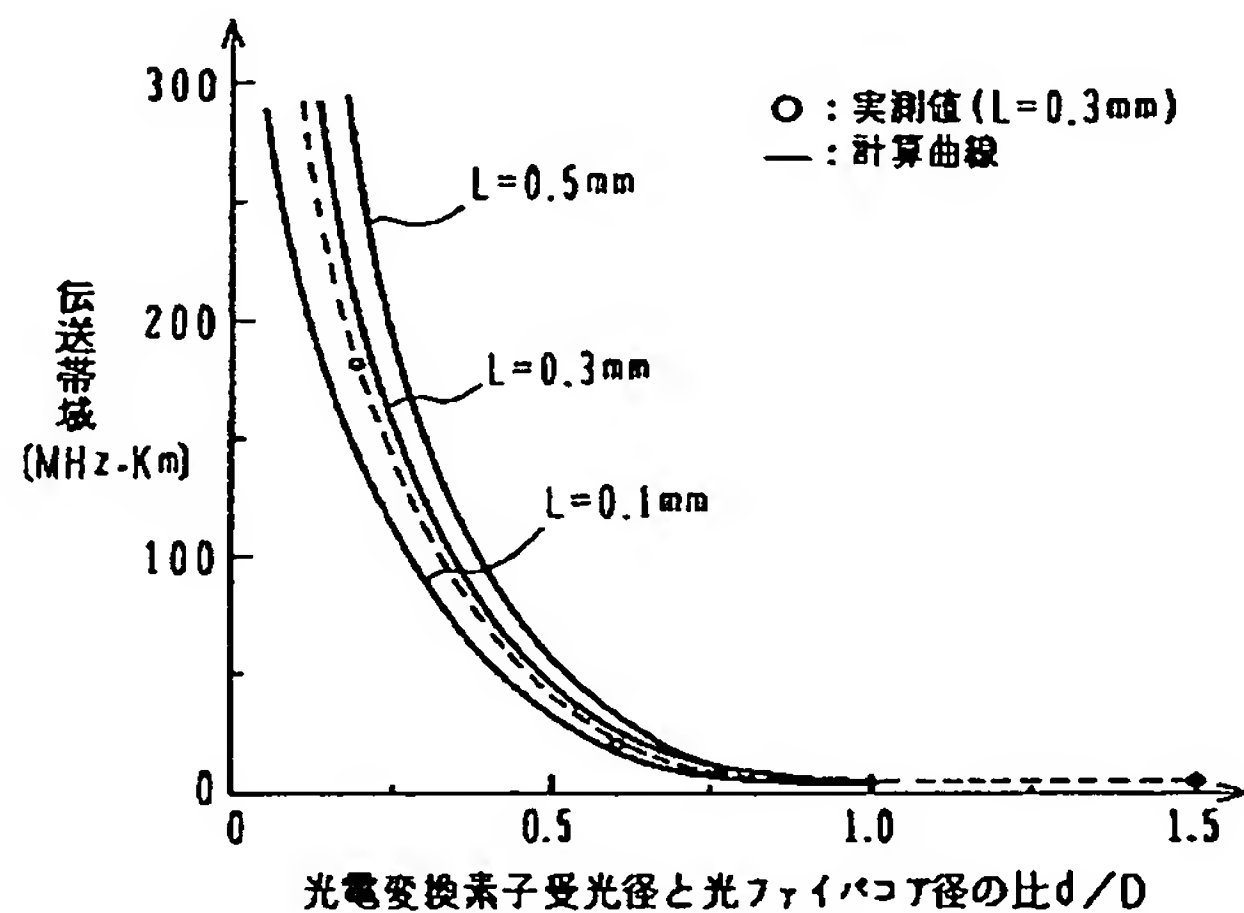
【図1】

本発明の原理説明図



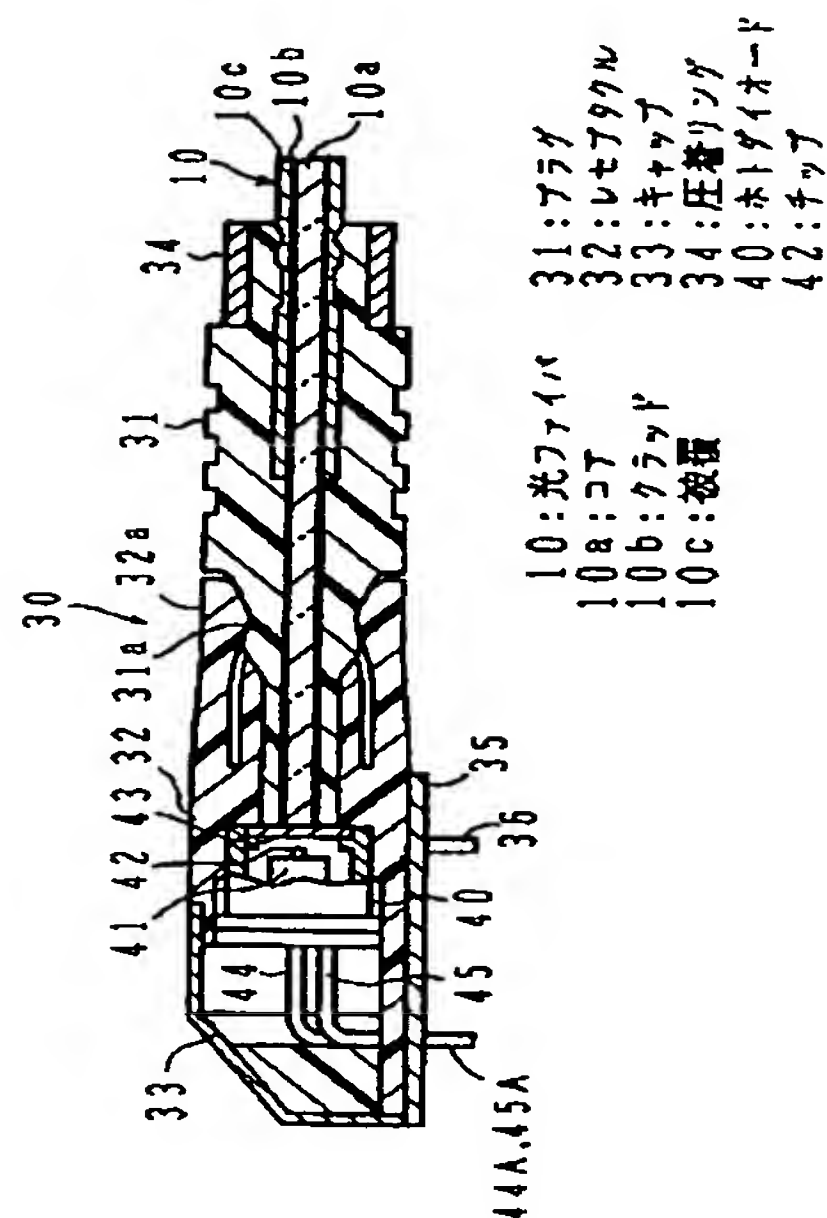
【図2】

(有効受光径 $d$ ) / (コア径 $D$ )と伝送帯域との関係を示す図



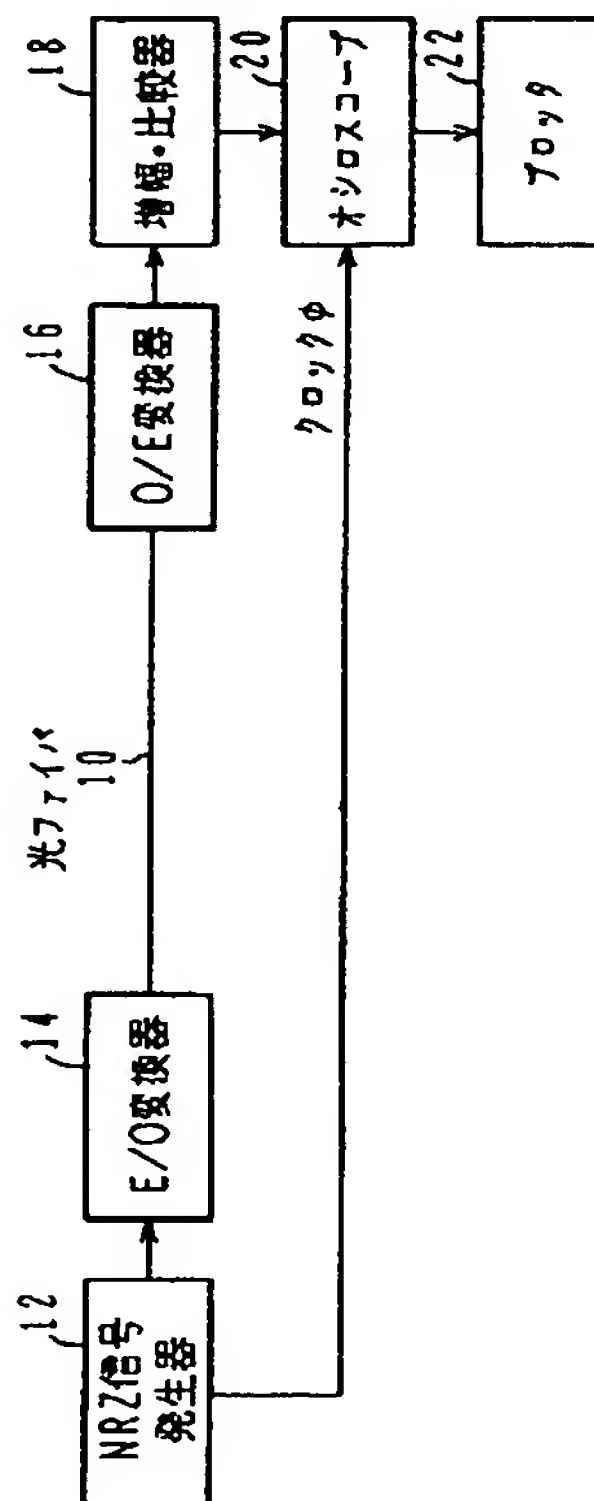
【図3】

本発明の一実施例の光コネクタの構造を示す断面図



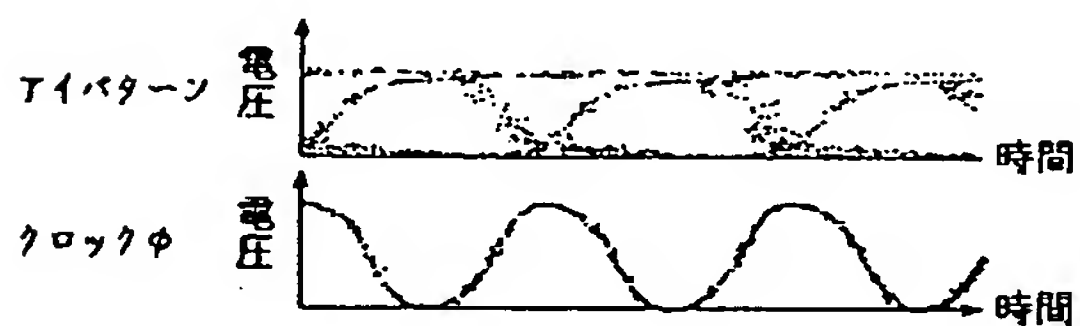
【図4】

本発明の光コネクタを用いた場合の伝送性能試験用測定装置を示すブロック図



【図5】

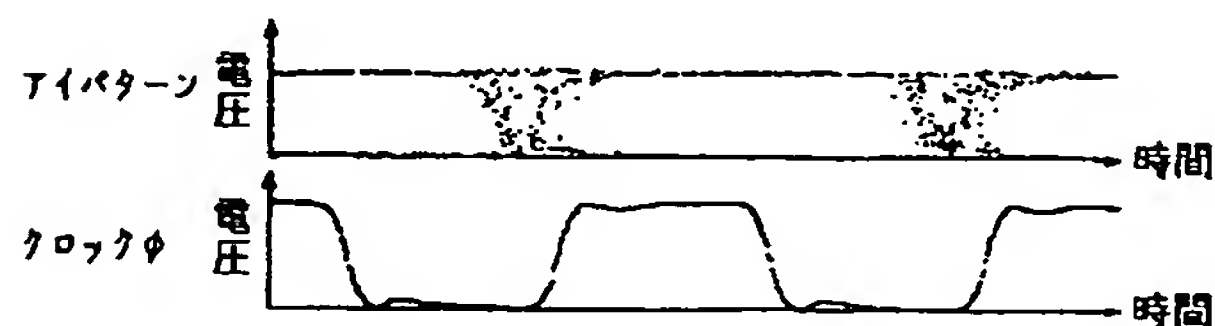
図3中のE/O変換器を評価するためのアイパターンをクロック波形と共に示す図



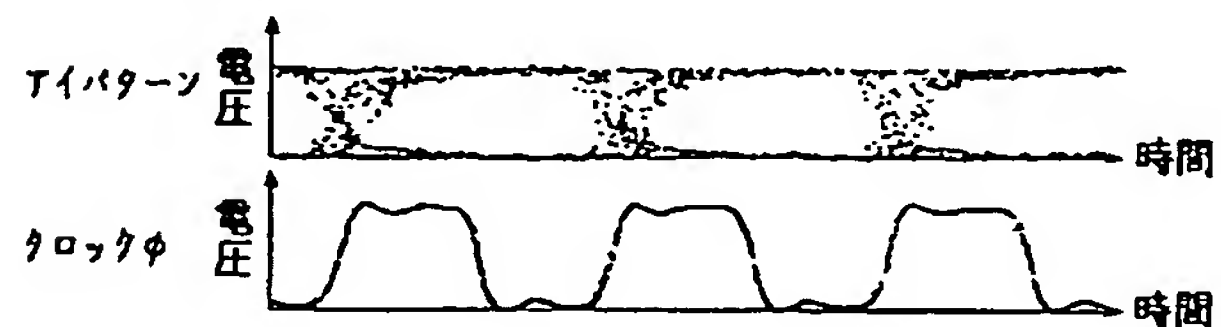
【図6】

50mのSI型プラスチック光ファイバを用いてNRZ信号を伝送したときのアイパターンをクロック波形と共に示す図

(A) 伝送速度200Mbit/s



(B) 伝送速度312Mbit/s



フロントページの続き

(51) Int. Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 4 B 10/12				